ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Année 1949 N° 40

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA Valeur Alimentaire et de la Toxicité DES TOURTEAUX DE MOUTARDE BLANCHE

Produits dans le Département de l'Aube

THESE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

Présentée et soutenue publiquement en Juin 1949

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

Henri KIENLEN

né le 10 Mai 1923, à Troyes (Aube)

JURY
- *Président* : M. VALDIGUIÉ, Prof. à la Faculté de Médecine.
- *Assesseurs* : M. PONS, Directeur de l'Ecole Vétérinaire.
- *Assesseurs* : M. GODFRAIN, Professeur à l'Ecole Vétérinaire.

1949

IMPRIMERIE DU SUD-OUEST
6 rue Sainte-Ursule
TOULOUSE

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Année 1949 N° 40

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

Valeur Alimentaire et de la Toxicité

DES

TOURTEAUX DE MOUTARDE BLANCHE

Produits dans le Département de l'Aube

THESE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

Présentée et soutenue publiquement en Juin 1949

DEVANT LA

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE TOULOUSE

PAR

Henri KIENLEN

né le 10 Mai 1923, à Troyes (Aube)

JURY { *Président* : M. VALDIGUIÉ, Prof. à la Faculté de Médecine. *Assesseurs* { M. PONS, Directeur de l'Ecole Vétérinaire. M. GODFRAIN, Professeur à l'Ecole Vétérinaire.

1949

IMPRIMERIE DU SUD-OUEST
6 rue Sainte-Ursule
TOULOUSE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

PERSONNEL ENSEIGNANT

	MM.
Directeurs honoraires	CUILLÉ.
	MARTIN.
Professeur honoraire	LECLAINCHE.
Directeur	PONS.

PROFESSEURS

Chimie et Pharmacie	GODFRAIN.
Anatomie	FLORENTIN.
Physiologie	BRUNAUD.
Anatomie Pathologique. - Inspection des Viandes	LOMBARD.
Parasitologie	BRIZARD.
Médecine	DARRASPEN.
Chirurgie	LASSERRE.
Pathologie du Bétail	BERTHELON.
Maladies Microbiennes	SAURAT.
Zootechnie	PONS.

AGRÉGÉS

Anatomie	BENOIT.
Médecine	FLORIO.
Chirurgie	PUGET.
Zootechnie	LADRAT.

CHEF DE TRAVAUX

Pathologie du Bétail	TOURNUT.
Maladies Microbiennes	LAUTIÉ.

COURS COMPLEMENTAIRES

Pisciculture et Maladies des Poissons	SECONDAT.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

JE DÉDIE CETTE THÈSE

AUX MIENS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR VALDIGUIE

de la Faculté de Médecine et Pharmacie de Toulouse.

Notre ancien Maître, qui nous fait l'honneur de présider le jury de notre thèse.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PONS

Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
Chevalier de la Légion d'Honneur

Qui nous a fait l'honneur d'accepter le sujet de ce travail.
Hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GODFRAIN

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

En qui nous avons eu le plaisir de trouver un maître et un amical conseiller.

A MONSIEUR LE CHEF DE TRAVAUX AGREGE LADRAT

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

En remerciement des conseils et de l'aide qu'il nous donna avec bienveillance au cours de l'élaboration de ce travail.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Je crois invinciblement que la science et la paix triompheront de l'ignorance et de la guerre, que les peuples s'entendront non pour détruire, mais pour édifier, et que l'avenir appartiendra à ceux qui auront le plus fait pour l'humanité souffrante.

PASTEUR.

INTRODUCTION

1948 : Les difficultés alimentaires nées de l'occupation allemande de 1940-44 ne sont pas aplanies; bien plus, les mauvaises conditions météorologiques des années 1946 et 47 les ont aggravées. Aussi les cultivateurs durent faire preuve d'initiatives pour nourrir leur bétail.

Dans le département de l'Aube, certains songèrent aux tourteaux de crucifères indigènes : navette, colza et, notamment, moutarde blanche, d'un prix de revient moins élevé, malgré un doute, fort juste d'ailleurs puisqu'il se retrouve dans les écrits de zootechniciens distingués, qui susbistait sur la valeur alimentaire de ce dernier. Mais leurs essais se révélèrent satisfaisants.

Nous nous sommes intéressé à cette question et avons essayé de justifier en quelque sorte l'emploi du tourteau de Moutarde blanche en tant qu'aliment. Ce travail est l'objet de notre thèse.

Nous étudierons pour cela :

La Moutarde blanche et ses caractères botaniques, le tourteau obtenu à partir de sa graîne. Sa toxicité nous retiendra plus longtemps puisque nous passe-

rons en revue les divers écrits en faisant part. L'étude chimique et pharmacodynamique nous permettra ensuite de mieux connaître les corps généralement évoqués à propos des accidents déterminés par ce tourteau. Enfin, les observations pratiques que nous avons recueillies nous permettront d'appuyer notre opinion, à savoir : que le tourteau de Moutarde blanche ne contient qu'un hétéroside faiblement toxique et est, par conséquent, utilisable pour l'alimentation du bétail.

I. LA PLANTE

1° Ses caractères botaniques.

La Moutarde blanche, *Sinapis alba*, est connue, dans le département de l'Aube, sous le nom de « graîne de beurre », ce qui dénote déjà un caractère de non-toxicité; la sagesse populaire n'aurait pas donné ce nom à une plante dont l'ingestion entraînerait des troubles.

Rodet et Baillet [1] signalent également le nom d' « herbe au beurre » : car, donnée comme fourrage vert aux vaches laitières, elle améliore, en quantité et qualité, leur production lactée.

Comme autre synonyme, la Moutarde blanche possède celui de Sénevé blanc.

C'est une plante annuelle. Sa taille n'excède pas 80 centimètres. Elle appartient à l'ordre des Papavérales : ses feuilles carpellaires étant soudées bord à bord en un ovaire uniloculaire et le périanthe étant du type 4. Sa famille est celle des Crucifères.

Sa racine est blanche, pivotante munie d'un chevelu abondant.

Sa tige est dressée, rameuse, sillonnée, hispide à poils étalés ou réfléchis.

Ses feuilles sont vertes, pétiolées et alternes. Les terminales exceptées, elles sont très profondément échancrées, à divisions bordées de dents ou de lobes plus ou moins arrondies, la division terminale étant ordinairement plus grande que les autres.

Ses fleurs sont jaunes, pédonculées, disposées en grappe simple. Elles possèdent quatre sépales non colorés, écartés des pétales, quatre pétales disposés en croix. L'androcée comprend six étamines, introrses, monadelphes, les deux latérales sont plus petites, les quatre autres sont couplées en disposition tétradyname. Il y a deux carpelles soudés et le stigmate est bifide.

Le fruit est une silique, portée par un pédoncule étalé, perpendiculaire à l'axe de l'inflorescence. Sur le style persistant, aplati en forme de glaive, plus long que le reste du fruit, des nervures se rassemblent vers le milieu de chaque face. Le fruit mur est bosselé et, en général, recouvert de nombreux poils raides; il renferme peu de graîne et sa longueur, sans compter le style, n'est pas, en général, plus de cinq fois plus grande que sa largeur. La déhiscence se produit de part et d'autre du placenta par deux fentes symétriques créant ainsi deux valves. Les graines sont insérées de chaque côté d'une fausse cloison, non vascularisée, séparant la silique en deux.

La graine, globuleuse, mesure de 1,5 à 2 mm. de diamètre. Sa couleur jaune rougeâtre, lui a valu, par opposition à l'aspect foncé de la Moutarde noire, le nom de Moutarde blanche; elle est recouverte d'un spermoderme si finement chagriné qu'il paraît lisse. Cette enveloppe cassante et transparente cache une amande jaunâtre.

Une coupe de la graine nous montre qu'elle est constituée de plusieurs assises :

Une assise épidermique, superficielle; mucilagineuse, formée des cellules qui, vues de face et sous l'eau, sont polygonales et présentent une columelle, autour de laquelle on distingue quelques stries concentriques.

Une assise sous-épidermique ou sub-épidermique constituée par un épaississement collenchymateux des cellules. Ces cellules sont uniformes dans leur largeur et leur longueur et colorées en jaune pâle. Vues de face elles sont polygonales.

Une assise scléreuse constante et uniforme constituée de cellules prismatiques rangées en palissade.

Enfin le tégument interne est constitué par une couche membraniforme sous laquelle on trouve l'assise protéïque avec les grains d'aleurone et l'huile fixe.

2° Caractères botaniques de quelques crucifères voisines.

Nous étudierons également les caractères botaniques de quelques crucifères voisines de façon à pouvoir les différencier de la précédente car il n'est rien de si semblable que ces plantes.

La Moutarde noire. *Brassica nigra* Koch. anciennement *Sinapis nigra*, se distingue de la précédente en ce que :

1° Elle est généralement plus grande; pouvant atteindre 1 m. 20;

2° Ses feuilles inférieures sont lyrées, pourvues de quelques poils, les supérieures étant lancéolées et nues;

3° Ses fleurs sont disposées en grappes plus longues, plus grêles, situées à la partie supérieure des rameaux;

4° Sa silique a moins de 2 cm. de longueur et est appliquée contre l'axe de l'inflorescence. Le style qui la surmonte est plus étroit et plus court;

5° Sa graine est plus petite (0.1-0.9 mm.). Elle est brun noirâtre (d'où le nom). Sa surface chagrinée, marquée d'un fin réseau visible à la loupe est

parfois recouverte d'un enduit blanchâtre et crétacé;

6° Au point de vue microscopique l'assise sclé-reus eest formée de petites cellules polygonales, fortement colorées en brun et l'on observe constamment un réseau polygonal très foncé à mailles isodiamétriques, produit par la projection des cellules des piliers de l'assise sous épidermique.

La Moutarde sauvage, *Sinapis arvensis*, encore appelée Sanve, Moutarde des champs, Senève, Senevé, possède des sépales très étalés en dehors, un style persistant plus court que le fruit mais plus long que le quart du reste du fruit; les nervures du style ne sont pas rassemblées vers le milieu des faces. Le fruit est poilu ou non.

La Ravanelle, *Raphanus raphanistrum* ou Jotte, Raveluche, a des fleurs dont les pétales jaunâtres sont veinés de violet. Le fruit est en forme de chapelet, à segments plus ou moins ovales, se détachant en travers, à maturité complète.

Le Colza est pourvu d'une synonymie des plus variées : *Brassica oleracea* variété *Campestris* de Dégugis, *B. napus* de Benecke, Burchard... Nous adopterons le nom donné par G. Bonnier [2] : *Brassica napus oléifera*. Il possède, contrairement au navet une racine principale non renflée, des feuilles nues et un fruit étalé, non redressé sur son pédoncule.

La Navette est aussi désignée par plusieurs noms latins, par exemple celui de Rodet et Baillet [3] : *Brassica napus variété oleifera.* Nous adopterons la nomenclature de G. Bonnier [2] : *Brassica rapa* variété *oleifera.* Elle possède une racine principale non renflée, des feuilles inférieures plus ou moins poilues ou ciliées, des fruits redressés sur leur pédoncule.

Le Colza et la Navette qui sont des sous-espèces de *Brassica sativa,* possèdent des feuilles supérieures sans pétiole embrassant la tige par leur base, un fruit mûr dont le style persistant égale en longueur le cinquième ou le sixième de la longueur du reste du fruit.

La Caméline, *Camelina sativa* ou sésame d'Allemagne, lin bâtard, appartient à un genre différent des précédents, car ses graines sont disposées suivant deux séries sur les deux valves du fruit. Ce fruit a une forme spéciale de petite poire et ses valves sont très dures. La tige est plus ou moins velue. Les feuilles simples entières ou plus ou moins dentées embrassent la tige à leur base par des prolongements plus ou moins aigus.

3° Une propriété particulière des crucifères : La présence d'hétérosides.

Leurs localisations.

Si les caractères botaniques des Crucifères en font une famille des plus homogènes du règne végétal, ces plantes se rapprochent encore par les hétérosides cyano-sulfurés qu'elles renferment.

Ce fut Bussy qui le premier, en 1840, décela la présence de glucoside dans les Crucifères. Il découvrit le myronate de potasse dans les semences de Moutarde noire.

Mais, en 1890, Guignard [4] écrivait dans le « Journal de Botanique » :

> Ces plantes — les Crucifères — possèdent la propriété de développer des essences ordinairement sulfurées qui ne préexistent pas dans la plante et dont la formation n'a lieu que dans des conditions déterminées; c'est ainsi que la graine de moutarde noire contusée et pulvérisée doit être traitée par l'eau froide ou tiède, pour que les principes qu'elle renferme puissent réagir l'un sur l'autre la chaleur, l'alcool, les acides arrêtent ou suppriment l'action de la myrosine, ferment soluble sur la sinigrine ou myronate de potassium.

Et il écrivait plus loin [5] :

Quant à la localisation des ferments et du glucoside, elle est restée à ce jour inconnue et si l'on a pu supposer que ces deux principes sont contenus dans des cellules différentes, personne n'en a donné la preuve.

Mais dans les expériences qu'il entreprit il allait administrer la preuve qu'hétéroside et diastase étaient renfermés dans des cellules spéciales et séparées.

Si l'on chauffe une coupe transversale d'une partie de lobe cotylédonaire traitée ou non par l'alcool, les cellules spéciales contenant la myrosine se colorent en rouge intense avec le réactif de Millon, ou en violet avec l'acide chlorhydrique. Ces cellules sont plus grandes et comme gonflées par leur contenu albuminoïde.

Guignard les sépare chez la giroflée (*Cheiranthus cheira*) et fait agir une solution de myronate de potasse au cinquantième sur ces tissus contusés et pilés, le tout étant porté à 50°. L'odorat permet alors de constater sûrement la formation d'essence de moutarde d'où l'affirmation que le ferment ou myrosine se trouve dans le tissu contenant les cellules spéciales.

Une expérience permet de différencier *Brassica nigra* de *Sinapis alba* : pour la première, un poids de 0,50 gr. de tégument de graine ne donne pas de

réaction ni directement, ni en présence de myronate de potasse; par contre, un poids de 0, 20 gr. de tégument de graine de *Sinapis alba* détermine par addition de glucoside une faible décomposition de ce dernier. ce qui permet d'affirmer que *Sinapis alba* possède plus de myrosine que *Brassica nigra* et qu'elles diffèrent toutes deux, « à cet égard comme sous d'autres rapports » ajoute GUIGNARD [6].

Cet auteur termine son étude par cette phrase [7] :

A part les cellules à myrosine dans lesquelles l'acide tartrique ne détermine jamais la formation de cristaux, les autres éléments du parenchyme, du cotylédon et, de la radicule, y compris l'épiderme, contiennent du myronate de potasse.

L'origine de ce glucoside est discutée. Il ne semble pas être un produit direct de l'assimilation chlorophyllienne. Il peut se former aux dépens des matériaux de réserve accumulés par l'embryon dans la germination à l'obscurité des graines dépourvues de glucoside. HEINRICHER signalant l'existence de ces « réservoirs à albumine », leur attribue le même rôle que celui des laticifères des Papavéracées, famille voisine, ou des Fumariacées.

Quelle qu'en soit l'origine, le glucoside existe toujours en dissociation dans le suc cellulaire; il est très souvent accompagné d'acide tannique avec

lequel il peut entrer en combinaisons chimiques semi-stables. Il se trouve, d'une manière générale dans tous les organes de la plante.

4° Son utilisation.

La Moutarde et les autres Crucifères sont cultivées depuis fort longtemps en Champagne. Plusieurs causes sont à l'origine de cette culture :

— Le sol favorable.
— Leur utilisation comme engrais vert.
— Leur utilisation comme fourrage vert.
— Leur intérêt en tant qu'oléagineux.

A. *Le Sol.*

Le sol de la Champagne est en majeure partie constitué de craie. Le département de l'Aube qui le limite au sud, peut sommairement se subdiviser en trois zones :

Une zone spécifiquement « Champagne Pouilleuse », située au nord et nord-ouest du département, constituée par du crétacé.

Une seconde zone, au sud-est, la région des Bars, constituée par du jurassique, plus boisée, plus verte, plus humide, appartenant à la Champagne Humide.

Une troisième, enfin : les deux vallées de la Seine

et de l'Aube qui constituent deux excellentes plaines alluviales.

La Moutarde et les autres Crucifères réussissent très bien sur les terres marneuses, les sols sablonneux, humifères, pourvus de calcaire, c'est pourquoi leur culture en Champagne sèche est, en général, répandue et prospère.

Les semailles ont lieu au printemps; mais la Moutarde est une plante qui vient très rapidement à maturité, aussi peut-on la semer jusqu'en été, ce qui favorise sa culture. On la coupe lorsque la majorité des graines est mûre, la maturité étant successive.

B. *Son utilisation comme engrais vert.*

Semée tardivement, elle peut être retournée lorsqu'elle est en floraison, au moment des labours d'automne; ses feuilles et sa tige apportant ainsi au sol les matières organiques qui lui manquent.

C. *Son utilisation comme fourrage vert.*

Elle est parfois utilisée à ce titre lorsque les fourrages habituels sont rares ou font défaut. Elle est alors fauchée au début de la période de floraison et distribuée aux animaux qui la mangent sans répugnance. Nous avons vu que Rodet et Baillet [1] parlent de cette pratique. Le lait est alors d'excel-

lente qualité mais ce n'est pas l'avis de tous. CHELLE, Professeur de Botanique à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, est de l'avis des deux auteurs précédents.

D. *Son intérêt comme oléagineux.*

Les dures nécessités de l'occupation et de l'après-guerre ont amené les gouvernements successifs à encourager la production des oléagineux indigènes. Les Crucifères se sont révélées les plus avantageuses. Leur culture qui avait presque entièrement disparu avant guerre par suite de la présence sur le marché français d'huiles exotiques dites « blanches » a repris avec intensité et actuellement on remarque la présence de nombreux champs jaunes de moutarde, de navette et colza dans toute la plaine.

A titre d'indication, voici les divers rendements en huile de ces Crucifères.

La Moutarde blanche	fournit	20 %	d'huile.
La Navette	»	32 %	»
Le Colza	»	38 %	»
La Caméline	»	28 %	»

Ces taux sont ceux admis par le Groupement National d'achat des produits oléagineux.

II. LE TOURTEAU

Le Tourteau est le résidu industriel provenant de la fabrication des huiles végétales. On désigne encore ces résidus par les noms de pains ou marcs d'huile, de trouilles, de nougats, de matons. Une étude sommaire de son utilisation à travers les âges nous permettra de comprendre l'importance toujours grandissante prise par ces produits.

1. Historique.

L'histoire [8] des Tourteaux se confond avec celle des huiles et celle de la culture des plantes oléagineuses.

La plus ancienne culture de ce genre est sans contredit celle de l'olivier qui remonte à la plus haute antiquité. L'huile retirée des fruits était utilisée pour l'alimentation et les résidus ou grignons servaient de combustible.

Puis ce fut la culture du lin, du chanvre, du ricin.

Pour trouver trace de la culture de Crucifères oléagineuses en France il faut remonter au qua-

torzième siècle. La production en était, paraît-il, assez forte.

Olivier de Serres, dans son inestimable ouvrage d'agronomie « Théâtre de l'Agriculture et mesnage des champs », paru en 1600, mentionne la graine, l'huile et le tourteau de Navette.

Dans la « Nouvelle maison rustique », publiée en 1700, Liger signale l'emploi des tourteaux de Navette et de Colza pour l'alimentation des chevaux, des vaches et des truies.

Duhamel du Monceau, dans son « Traité de culture des terres », paru en 1761, parle de façon sommaire de l'emploi des tourteaux comme engrais et mentionne l'usage du marc de graine de lin, de colza et de chanvre, dont on a exprimé l'huile.

L'Abbé Rozier, par son « Traité de la culture du Colza », contribue, en 1771, à la propagation de cette plante oléïfère.

De même, François de Neufchateau, avec ses « Mémoires sur la manière d'enseigner et d'étudier l'agriculture », de 1828, attire l'attention sur la culture du Colza et sur l'intérêt du résidu laissé par les graines après leur expression.

L'invention du procédé Leblanc dans la fabrication du carbonate de soude permit l'utilisation de ces huiles dans l'industrie des savons, ce qui déter-

mina un accroissement de leur production. Mais le tourteau restait inemployé.

Ce furent DE VILMORIN et DE GASPARIN qui démontrèrent, en 1832 et en 1882, les avantages du tourteau au point de vue agricole et l'introduisirent dans l'alimentation des animaux.

Dans la seconde moitié du XIX^{e} siècle, la France avait fait la connaissance des plantes oléïfères exotiques et son domaine colonial lui fournit la matière première. La culture oléagineuse indigène subit alors un profond recul. Mais les conditions économiques créées par la guerre de 1939-1945 auxquelles nous avons déjà fait allusion, en supprimant tout rapport avec les pays producteurs d'arachide ont déterminé un renouveau de la culture de ces oléagineux, d'où l'apparition sur le marché national de grandes quantités de tourteaux indigènes et notamment de crucifères.

Le département de l'Aube se trouvait, par la nature de son sol, être favorisé pour ces cultures et les vieilles huileries campagnardes purent de nouveau travailler à plein rendement.

Nous allons pénétrer dans une de ces huileries artisanales et suivre la fabrication du tourteau.

2. Sa fabrication.

Le tourteau étant le sous-produit de l'industrie oléagineuse, l'étude de sa fabrication revient à celle des huiles. Nous n'étudierons que les procédés locaux. Il en existe deux : l'ancien et le moderne.

a) *L'ancien.*

La graine nettoyée est versée, lors d'une première opération, dans un aplatisseur de façon à rompre son caractère globulaire et à commencer sa division.

Pour achever l'écrasement, elle est ensuite portée sous une meule. C'est, à notre avis, dans ces vieilles huileries artisanales, le pittoresque de l'opération. Cette meule occuppe le centre de l'huilerie. Elle est à axe horizontal et tourne sur un socle en brique d'une hauteur d'environ un mètre et d'un diamètre de 1 m. 70. La surface, en ciment, de ce socle est légèrement concave. Le meule est constituée par une pierre d'une seule pièce, sans doute de la pierre meulière. Elle est large de 0 m. 30 et haute de 1 m. 10. C'est assez dire son encombrement. Il y a une vingtaine d'années, cette meule était mue par un cheval dont les traits étaient attachés à une pièce de bois fixée en son centre. L'animal tournait sans cesse autour du socle et il constituait, à lui seul, l'unique

force mécanique de l'établissement. Actuellement l'électricité est utilisée comme force motrice.

La graine ainsi complètement écrasée est pulvérulente; déjà son toucher est huileux, gras. Elle est alors transportée dans la poële où elle est chauffée afin de rendre plus fluide les matières grasses qu'elle renferme. La poële est constituée par une cuve de fonte à fond plat qui repose sur un socle de briques. A l'intérieur de ce socle, un foyer. Le feu que l'on y entretient se trouve en contact direct avec la cuve et chauffe ainsi la graine meulée à une température d'environ 70°-80°. Afin que ces graines soient uniformément chauffées, une palette en fer, d'axe vertical, les malaxe continuellement.

C'est l'ouvrier qui, prenant de temps à autre une poignée de graines, juge, à la chaleur perçue par la paume de sa main, le degré suffisant de chauffe.

La graine est ensuite transportée, en une quatrième opération, dans le moule. C'est un moule en acier perforé de trous d'environ 2 cm. de diamètre sur son fond carré et sur ses bords. Ce moule, recouvert de scourtins, espèce de toiles fabriquées de jute et de cheveux, de très grande résistance, constituant un filtre, reçoit la graine ou plutôt la matière pulvérulente et chaude qui en résulte. Le tout est alors porté sous la presse.

Celle-ci est en général une presse hydraulique

verticale mue par une pompe. Elle développe une pression de 120 kg. par cm^2. L'huile s'écoule en un jet jaunâtre qui grossit rapidement puis s'épuise et finit en goutte à goutte.

La pressée est terminée. Le moule est enlevé de la presse, on détache les scourtins et l'on se trouve en présence du pain de tourteau. On rogne ses angles et ses bords car ils retiennent toujours une certaine quantité d'huile et ces débris seront versés sous la meule.

b) *Le moderne.*

La mécanique actuelle a mis au point une machine qui simplifie beaucoup ces multiples opérations: opérations qui nécessitent une main-d'œuvre relativement importante. C'est la presse continue.

La graine, nettoyée et écrasée par un aplatisseur, est portée dans la machine. Celle-ci la réchauffe en la faisant progresser dans un cylindre chauffé à la vapeur; puis un vis sans fin la prend et la presse: l'huile s'écoule tandis que le tourteau débouche sous la forme d'un cylindre creux qui se casse sous l'influence de son propre poids, ce qui lui donne l'apparence de copeaux. Une telle presse peut traiter 120 kg. de graines par heure, avec une production de tourteaux contenant 7 à 12 % d'huile.

Il est évident que les deux procédés que nous avons décrits ne sont pas les seuls utilisés et qu'il en existe de nombreuses variantes. Néanmoins ils peuvent en représenter le type.

Ces deux procédés appartiennent au système d'extraction par pression. Il existe un autre système d'extraction : celui qui emploie des solvants tel : le sulfure de carbone. C'est le procédé utilisé par la grande industrie. Les tourteaux obtenus ne contiennent que des traces de matières grasses. Ils perdent. de ce fait, leur valeur alimentaire. Ils sont appelés tourteaux repassés, épurés ou dégraissés.

3. Son aspect physique.

L'aspect extérieur est essentiellement variable suivant le procédé employé pour sa fabrication et suivant la région où il est fabriqué. Nous décrirons seulement celui que nous connaissons, qui est obtenu dans les huileries du département de l'Aube et qui est en partie consommé par le bétail du pays.

Il se présente sous l'aspect de pain carré d'une dimension voisine de 40 cm., son épaisseur est d'environ 7 à 8 cm. et son poids atteint sensiblement 11 à 12 kg. Ses bords sont relevés. La surface porte l'empreinte des scourtins qui le recouvraient lors de la pressée.

La consistance est très grande. En effet, ils sont agglomérés sous une pression de 120 kg.-cm^2. Pour le casser il faut employer un marteau ou, mieux, une masse; encore faut-il placer le pain en porte-à-faux.

La texture en est grenue, de par la nature même de la graine qui est petite et ronde. Sa cassure est granuleuse.

La couleur du tourteau de Moutarde blanche est jaunâtre. C'est une de ses caractéristiques.

Une coupe de tourteau de Moutarde blanche nous permet d'observer sa structure microscopique : on y retrouve les trois assises principales déjà vues sur une coupe de la graine :

1° L'assise scléreuse qui, vue de face, ne présente pas de réseau polygonal;

2° L'assise sous épidermique formée de grandes cellules polygonales d'apparence collenchymateuse;

3° Les débris de l'assise mucilagineuse formée de cellules polygonales au cœur desquelles on observe un ombilic peu apparent entouré de stries concentriques.

Caractères différentiels des tourteaux des Crucifères voisines.

Il est intéressant de savoir différencier les divers tourteaux de Crucifères car ils n'ont pas tous la même valeur. Par conséquent la fraude est facile et l'on doit pouvoir la déceler.

1° Tourteau de Moutarde noire.

Il n'est pas produit dans les mêmes établissements que ses voisins. En effet les tourteaux de Moutarde blanche, de Navette, de Colza, de Caméline sont produits dans des huileries et l'huile extraite est livrée à la consommation publique, tandis que la Moutarde noire est travaillée plus spécialement dans les moutarderies en raison de son caractère particulier. Sa couleur est brunâtre.

Au microscope on remarque les différences suivantes :

a) L'assise externe du tégument est remplie d'un mucilage moins diffluent que celui de Moutarde blanche.

Au centre on n'observe pas de trace d'ombilic;

b) L'assise sous épidermique est formée d'une

rangée unique de grandes cellules munies de parois minces délimitées par des piliers d'apparence toute spéciale, formées par des cellules de l'assise scléreuse sous-jacente;

c) L'assise scléreuse est formée de petites cellules polygonales fortement colorées en brun. De plus, on observe constamment, sur les débris du tégument, un réseau polygonal très foncé à mailles isodiamétriques qui est produit par la projection des cellules de ces piliers.

2° Tourteau de Moutarde sauvage ou Ravison.

La couleur de ce tourteau est le plus souvent brun-verdâtre, piquetée de points noirâtres ou rougeâtres représentant les débris du spermoderme. Parfois la teinte est plus grisâtre. Délayé dans l'eau, on observe des débris colorés différents de la matière principale. Ils proviennent de nombreuses semences étrangères qui ont été récoltées avec la Moutarde sauvage. Ce sont des graines de Lin, Caméline, Plantain, Rumex, Melilot.

L'examen microscopique nous montre que :

— Le spermoderme n'a pas de réseau à maille hexagonale;

— Les cellules de l'enveloppe colorée ont des contours très irréguliers;

— Les cellules mucilagineuses présentent un réticulum net, fixé contre leur paroi inférieure.

3° Tourteau de Navette.

Sa couleur est jaune-verdâtre. Elle passe au brun-noirâtre avec le temps. Pour distinguer ce tourteau du précédent. on utilise la présence d'un réseau polygonal faiblement esquissé et l'absence de mucilage diffluent.

4° Tourteau de Colza.

Est généralement plus foncé que celui de la Navette.

L'examen microscopique montre que :

— Le tégument séminal est fortement coloré en brun;

— Le réseau polygonal est généralement absent;

— Les cellules mucilagineuses font défaut.

5° Tourteau de Caméline.

Sa couleur est très spéciale : elle est d'un jaune-orangé qui tranche lorsqu'il est entreposé dans le même local que les autres tourteaux. De plus, sa cassure est grenue et il s'effrite facilement.

Au point de vue microscopique il est caractérisé par :

— La présence d'un ombilic formé par la projection de la columelle ou la columelle elle-même. à l'intérieur des cellules mucilagineuses;

— La coloration jaune des cellules de l'assise scléreuse, munies de parois épaisses et ondulées;

— Une assise protéïque dont les cellules sont larges à parois également ondulées.

4. Composition chimique.

La composition chimique d'un aliment est toujours utile à connaître. nous dirons même qu'elle doit être connue puisque c'est elle qui donne la valeur alimentaire de cet aliment et détermine par conséquent son importance et son emploi.

Cette composition. connue depuis longtemps. a permis de classer les tourteaux dans la catégorie des aliments concentrés.

Ils renferment très peu d'eau et leurs principes immédiats sont importants :

— Matières azotées ou protéïques. gluten. albumine .fibrine. caséïne végétale et aleurone. qui sont les plus nombreuses;

— Matières grasses, en général 10 %, qui en font un aliment très énergétique ;

— Enfin les sucres qui sont également en proportion appréciable et la cellulose, non digestible, qui y est à faible taux.

Il est intéressant de livrer ici un tableau comparatif des analyses classiques des divers tourteaux de Crucifères indigènes. Nous y adjoignons une analyse de tourteau de Lin et d'Arachide qui sont considérés comme les meilleurs afin de montrer que les premiers en diffèrent peu.

Ces analyses nous sont livrées par le livre de COLLIN et PERROT.

COMPOSANTS	MOUTARDE BLANCHE	MOUTARDE NOIRE	RAVISON	NAVETTE	COLZA D'EUROPE	CAMÉLINE	LIN (moyenne)	ARACHIDE DÉCORTIQUÉE
Eau.	10,55	9,80	10,92	10,06	12,7	11,77	12,19	11,50
Mat. N_2.	36,31	32,19	31,19	28,88	29	33,10	29,48	47
Mat. G.	11,87	12,10	6,22	11,25	9,5	9,21	9,88	7,30
Mat. non N_2. . . .	35,01	39,61	34,25	21,13	28,5	27,65	29,91	24,10
Cellulose.				10,64	12,6	11,59	9,69	5,20
Cendres.	6,26	6,30	17,42	8,04	7,5	6,68	9,69	4,90

Mais nous avons cherché à connaître la composition du tourteau de Moutarde blanche qui nous intéresse. Le Laboratoire de Physiologie de la Nutrition a bien voulu analyser un échantillon de ce tourteau. Aussi nous tenons à remercier particulièrement

M^me^ Randoin, Directrice de ce laboratoire d'avoir eu l'extrême amabilité d'agréer notre demande.

Voici le résultat de cette analyse :

Eaux.	10,8 gr.	pour 100 de	produit.
Cendres.	0,4	»	»
Protides.	35,0	»	»
Lipides.	12,0	»	»
Cellulose (méthode de Wende) . . .		7 gr.	
Extractif non azoté.		25,8 gr.	

D'autre part nous avons nous-même soumis à l'analyse, par les procédés classiques, au Laboratoire de Zootechnie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse quatre échantillons de provenance différente.

Nous avons obtenus les résultats suivants :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
Eau.	7,00	8,25	8,84	7,00
Cendres.	7,37	6,96	7,19	6,45
Protides.	39,82	34,62	36,44	35,90
Lipides.	7,81	11,38	10,87	6,55
Cellulose (Méthode de Weende)	7,47	7,23	6,98	7,04
Extractif non azoté.	28,53	29,36	29,68	37,06

Ainsi, compte tenu de ces différents résultats nous pouvons admettre que les tourteaux obtenus dans le

département de l'Aube avaient, en 1945, les caractéristiques suivantes :

	MAX.	MIN.	MOY.
Eeau.	10,8	7	8,90
Cendres.	9,4	6,45	7,92
Protides.	39,82	34,62	37,22
Lipides.	12	6,55	9,27
Cellulose.	7,47	6,98	7,22
Extractif non azoté. .	25,8	37,06	31,43

Nous pouvons constater, de visu que ces tourteaux diffèrent peu de ceux qui ont déjà été analysés ces dernières années. Cependant nous devons faire remarquer que les différences quantitatives portant sur les lipides sont dues au procédé d'extraction. Les écantillons n° 1 et 4 étaient prélevés sur du tourteau obtenu par le procédé de la presse continue.

5. L'utilisation des tourteaux.

A. *Des tourteaux en général.*

Les tourteaux sont employés généralement à deux fins différentes : l'alimentation du bétail et l'enrichissement du sol en tant qu'engrais.

a) Dans l'alimentation du bétail ils constituent un aliment des plus intéressants : ils renferment peu

d'eau, beaucoup de matières azotées, de glucides et surtout de lipides. Aussi sont-ils un appoint sérieux pour le cultivateur qui veut entretenir ses bêtes en bon état, ou mieux qui désire les engraisser.

Leur valeur alimentaire est grande. Elle tient à plusieurs facteurs :

— Au coefficient nutritif qu'est le rapport

$$\frac{\text{matières azotées}}{\text{mat. hydro-carbonées}}$$

Il doit être voisin de 1/50. Le tourteau vérifie le rapport 1/1,5 ce qui signifie qu'il comporte trop de protides pour la quantité de glucides qu'il renferme ou inversement. En conséquence, il ne peut constituer à lui seul la ration et il doit être considéré comme un complément.

— Au coefficient adipo-protéïque, rapport

$$\frac{\text{Matières grasses}}{\text{mat. hydro-carbonées}}$$

Il doit être compris entre 1/2 et 1/3. Le tourteau vérifie ce rapport.

Le mode de préparation n'est pas sans influence sur la digestibilité, donc sur la valeur alimentaire. Le tourteau est administré à l'état sec ou à l'état humide. A l'état sec, en poudre ou sous forme de morceaux gros comme le poing ou comme une noix.

A l'état humide en pâtée, soupe, buvée; crû, cuit ou fermenté. La pâtée est obtenue en délayant le tourteau dans l'eau tiède. La soupe est une pâtée avec des balles de céréales ou des pommes de terre, des racines, du foin coupé.

La buvée est une pâtée plus liquide. Dans le Nord, on y ajoute des drêches et des recoupes. Elle doit toujours être préparée extemporanément, sinon elle peut acquérir un goût désagréable.

Les grosses exploitations disposent souvent le tourteau fragmenté en couches alternatives de paille et de fourrage dans de grandes cuves dans lesquelles on fait arriver un jet de vapeur. Le tout est distribué refroidi.

Dans le Nord également on fait fermenter la nourriture : paille, foin et tourteau sont mélangés, mouillés et laissés 48 heures dans des cuves fermées.

Mais le mode qui semble être le plus avantageux et le plus hygiénique est celui qui consiste à préparer la pâtée ou la buvée.

L'influence du tourteau sur les animaux est grande :

— Il favorise le développement des jeunes;

— Il augmente la secrétion lactée;

— Il abrège la durée d'engraissement;

— Il donne un lustre particulier à la laine des moutons, et au poil des bovins;

— De plus, il augmente la richesse du fumier, celui-ci étant d'autant plus riche que la nourriture de l'animal est plus forte en azote et en sels.

b) L'enrichissement du sol est assuré, on le sait, par des engrais — complets ou incomplets selon qu'ils renferment la totalité ou une partie des principes nécessaires à la végétation. Le fumier est considéré comme engrais complet. L'analyse chimique montre que le tourteau est plus riche que ce dernier en matières azotées. D'autre part. Boussingault établit que les matières organiques les plus riches en azote sont aussi les plus riches en acide phosphorique, d'où l'avantage du tourteau comme engrais.

c) Certains auteurs utilisent aussi le tourteau à des fins thérapeutiques.

M. Decrombecke [9] constate leurs effets salutaires sur la pousse du cheval.

M. Colombel prévient la météorisation chronique des bovins en distribuant du tourteau dans l'alimentation.

M. Moll prévient et guérit la cachexie aqueuse du mouton.

Nous pouvons faire remarquer que ces guérisons ou ces préventions ne sont pas dues aux propriétés spéciales du tourteau; mais bien à ce qu'il est un aliment concentré.

B. *Du tourteau de Crucifères et de Moutarde.*

A l'heure actuelle ce sont à peu près les seuls utilisés dans le département de l'Aube.

Les mauvaises conditions météorologiques — deux années consécutives de sècheresse en 1946-47 — nuisirent à la production de betteraves et de fourrage tant naturel qu'artificiel et aggravèrent les difficultés économiques créées par l'occupation allemande de 1939-1944.

Les agriculteurs champenois se trouvèrent en peine pour nourrir leurs bêtes — nous disons bien les agriculteurs car ils ne sont pas, à proprement parler, des éleveurs : en Champagne pouilleuse le sol est presqu'entièrement mis en culture pour la seule raison que la prairie ne peut y pousser, le calcaire du sol étant un obstacle. Les agriculteurs qui possèdent des bêtes à cornes les élèvent donc entièrement en stabulation. Ce mode d'élevage augmente, on le conçoit bien, la difficulté de l'approvisionnement, difficulté que les éleveurs des pays d'herbage éprouvèrent à un degré bien moindre, leurs bêtes étant au parc.

Ç'est pourquoi les agriculteurs de la Champagne sèche furent amenés à essayer le tourteau de Moutarde blanche.

Pourquoi celui-ci :

1° Parce qu'il se trouvait en quantité abondante dans les huileries du département étant donné l'importance de la culture de cette plante;

2° A cause de son prix de revient moins élevé que celui des autres tourteaux.

Sa valeur alimentaire est égale à celle des autres.

Nous avons calculé l'énergie brute dégagée par 100 gr. de ce tourteau d'après la composition moyenne obtenue ci-dessus.

Elle est de 441,2 calories pour 100 gr. en comptant :

4,09 cal.	par gramme de	Glucides.
9,28	»	Lipides.
5,78	»	Protides.

Et l'énergie métabolisable qui s'élève à 39,9 cal.

4 cal.	par gramme de	Glucides.
9	»	Lipides.
4	»	Protides.

Sa valeur en unité fourragère française — calculée par la méthode de Leroy — égale celle de 0,960 kg. d'orge, ce qui correspond à une valeur énergétique nette pour l'engraissement de 1.581 cal. par kg.

Aussi de prime abord on peut étendre aux tour-

teaux de Crucifères toutes les utilisations et tous les avantages que nous avons vus ci-dessus. Mais certains auteurs [10] les classent dans la catégorie des « Tourteaux dangereux », à cause du glucoside que renferment les Crucifères.

Ce glucoside n'est pas le même pour tous, il s'en faut.

Ainsi le Colza et la Navette sont universellement considérés comme excellents. Néanmoins les auteurs recommandent de les ébouillanter afin de détruire la diastase — myrosine — qui est l'agent de la fermentation des glucosides incriminés.

Un abus de la dose quotidienne entraînerait des troubles :

— Entérite par irritation du tractus digestif;

— Boiterie par inflammation de la partie inférieure des membres postérieurs qui piétinent des déjections irritantes.

Quant aux tourteaux de Moutarde, qu'elle soit blanche. noire ou sauvage, les auteurs leur attribuent des troubles beaucoup plus graves, capables de se terminer par la mort. Nous allons montrer que l'on ne peut confondre la Moutarde blanche avec les deux autres et que, par conséquent, l'on ne peut lui attribuer les accidents déterminés par ses deux voisines.

III. LA TOXICITE DU TOURTEAU DE MOUTARDE BLANCHE

Nous avons déjà noté la présence dans les tissus des Crucifères, d'un corps capable de s'hydrolyser sous l'influence d'une diastase pour donner de l'essence de moutarde. Ce corps a. depuis fort longtemps, été considéré comme étant la source des accidents parfois observés après l'ingestion de tourteaux de Crucifères par les animaux.

Nous allons livrer au lecteur les relations décrites à ce sujet par plusieurs auteurs et essayer d'en tirer une conclusion.

Relation de quelques troubles.

Cornevin [11], en 1887, étudie les accidents causés par l'absorption de fourrage de Moutarde des champs. Il en brosse le tableau suivant :

Une tête basse, une grande tristesse, une respiration plaintive, pénible et accélérée avec un fort soubressaut comme un cheval poussif au dernier degré. Les muqueuses sont jaunâtres et de temps en temps on perçoit une toux convulsive, avortée, quinteuse, s'accompagnant de

grande anxiété, à la suite de laquelle l'animal jette par le nez une abondance de liquide mousseux analogue à de la mousse de bière. Le patient peut ainsi en rejeter une dizaine de litres en l'espace d'une heure. Cette émission de liquide spumeux a lieu particulièrement quelques temps après l'ingestion de boisson et souvent l'animal meurt asphyxié dans un accès de toux.

A l'autopsie, on trouve les poumons congestionnés et comme soufflés, les bronches injectées d'un sang rouge foncé et remplies de liquide mousseux.

Et il ajoute :

Ces graines et celles de Navette donnent un tourteau de très mauvaise qualité qui, distribué au bétail, amena des inflammations intestinales avec diarrhée épuisante et soif inextinguible.

Collin et Perrot [10], en 1903, rangent les tourteaux de Moutarde blanche, Moutarde noire et Moutarde des champs ou Ravison dans la catégorie des tourteaux dangereux. Ils mentionnent la nécessité d'écraser les tissus de la plante pour mettre en présence diastase et glucoside et obtenir le dégagement d'une « essence sulfurée » dont la composition et les propriétés irritantes varient avec la nature de la graine.

C'est ainsi, écrivent-ils, que la Moutarde noire passe pour être plus active que la Moutarde blanche et que le Ravison est plus actif que le Colza.

Puis, étudiant spécialement chacune de ces espèces, ils indiquent les propriétés suivantes :

Le tourteau de Moutarde blanche [12] est plus pauvre en essence sulfurée que celui de Colza, mais il est rendu impropre aux usages alimentaires à cause de son extrême âcreté.

Le tourteau de Moutarde noire [13] produit, au contact de l'eau, une quantité considérable d'essence sulfurée, ce qui le rend impropre aux usages alimentaires.

Absorbé à la dose de 500 gr. par des animaux de forte taille, il peut provoquer des irritations intestinales assez violentes pour déterminer leur mort. D'ailleurs les animaux refusent de le manger.

Avec Cornevin, ils estiment que :

Son usage modéré pourrait être adopté dans certaines circonstances pour exciter les muqueuses buccales et pharyngiennes, stimuler l'appétit et régulariser les fonctions digestives. Son administration à la dose de 50 gr. paraît indiquée pour les bœufs qui sont sujets aux indigestions ou qui montrent de l'inappétence.

Le tourteau de Ravison [14], bien qu'il renferme, d'après Van den Berghe, une proportion d'huile essentielle inférieure à celle qui existe dans le tourteau de Colza, n'est généralement pas employé pour l'alimentation des bestiaux. La Moutarde des champs passe en effet, pour être une des plus irritantes parmi les graines désignées sous le nom de Moutarde.

Ils ajoutent :

Si les divers auteurs qui se sont occupés de la question des tourteaux ne sont pas unanimes pour proscrire

l'usage alimentaire de ce tourteau, si les uns se contentent de le ranger parmi les tourteaux douteux, cela tient évidemment à l'ambiguïté et à l'incertitude qui existent dans certains ouvrages au sujet de la nature et de l'origine du Ravison. C'est à cette incertitude que l'on doit attribuer la confusion que l'on constate dans l'arrêté royal pris en Belgique en 1897 sur la réglementation de la vente des produits destinés aux animaux et dans lequel l'addition à ces aliments de tourteau de Moutarde blanche, noire ou sauvage n'est tolérée que dans la proportion de 2 % tandis que l'on pourrait employer à son gré le Ravison vrai.

Ces auteurs ajoutent :

Il serait intéressant de reprendre la question au point de vue chimique.

Les tourteaux de Navette et Colza [15] sont...

généralement utilisés pour la nourriture des vaches, des brebis laitières et des chèvres, et passent pour favoriser la sécrétion du lait.

Mais on leur attribue néanmoins les accidents dont nous avons déjà parlé.

Dechambre [16], 1906, étudiant le tourteau de Moutarde blanche, ne cite aucun accident mais mentionne :

Sa saveur amère puis âcre et brûlante, son odeur qui, peu prononcée à l'état frais, devient pénétrante au contact de l'eau froide ou tiède.

Il ajoute que son extrême âcreté le rend impropre aux usages alimentaires mais que sa teneur en essence sulfurée est un peu inférieure à celle du tourteau de Colza.

Quant au tourteau de Moutarde noire...

il renferme une quantité considérable d'essence qui le rend impropre aux usages alimentaires à la dose de 500 gr. pour les grands herbivores. Il provoque des irritations intestinales pouvant aller jusqu'à la mort.

Cornevin estime que son usage modéré pourrait être adopté pour stimuler l'appétit et régulariser les fonctions digestives. On pourra en donner de 50 gr. à 100 gr. aux bovins montrant de l'inappétence ou sujets aux indigestions.

Marchadier et Goujon [17], en 1924, sont d'accord avec Dechambre quant à la Moutarde noire qui est...

la plus riche en essence de moutarde de toutes les Crucifères. Aussi le tourteau est-il extrêmement dangereux. A la dose de 500 gr il peut provoquer chez les animaux des irritations intestinales assez violentes pour déterminer la mort.

Quant à la Moutarde blanche, ils signalent seulement :

Que la graine écrasée abandonne environ 30 % d'une huile non comestible.

Et que :

Le tourteau, dégageant de l'essence de moutarde irritante et caustique, ne convient pas au bétail mais que sa richesse en acide phosphorique et en azote en fait un bon engrais.

Et ils terminent leur exposé sur les « Moutardes » en signalant l'arrêté royal de Belgique pris en 1897, déjà mentionné par COLLIN et PERROT.

BUSSARD et BRIOUX, en 1925, étudient également les tourteaux de Crucifères. Aussi pouvons-nous citer à propos de la Moutarde blanche [18] :

Malgré la faible quantité de sulfocyanate d'allyle qu'il renferme, le tourteau de Moutarde blanche présente une saveur caustique; l'action irritante purgative qu'il exerce sur l'intestin des animaux le rend impropre à l'alimentation du bétail.

...et de la Moutarde noire [19] :

Les tourteaux exceptionnellement riches en essence de moutarde — 500 gr. suffisent pour donner la mort de gros animaux — ne sont point des tourteaux alimentaires.

...et de la Moutarde des champs ou Ravison [20] :

Ce tourteau accuse un dosage en essence de moutarde très inférieur à celui de la plupart des tourteaux de Colza, parfois moitié moindre (VAN DER BERGHE) ; ce qui indique que dans les accidents alimentaires qu'il provoque, cette essence n'est pas seule en cause.

Puis, étudiant l'essence de Moutarde des Cruci-

fères, après avoir cité Bussy qui découvre myrosine et myronate de potasse et Sjollema qui identifie l'isosulfocyanate de crotonyle dans le tourteau de Colza et de Navette.

Ils écrivent [21] :

La Moutarde blanche se distingue des espèces précédentes en ce sens que, si elle renferme une myrosine très active, elle ne contient pas de myronate de potasse et par conséquent ne produit pas d'essence de moutarde à odeur vive, par macération avec l'eau.

...affirmation qui est en contradiction avec le premier extrait cité ci-dessus.

Lander [22], en 1926. attribue à la Moutarde noire des troubles analogues à ceux décrits par Cornevin à qui il se réfère fréquemment.

Conclusion.

Quels enseignements pouvons-nous obtenir de tous ces extraits ? Plusieurs critiques nous viennent à l'esprit :

1° Les auteurs ne sont pas d'accord sur la valeur alimentaire à accorder aux tourteaux obtenus à partir des différentes espèces de Crucifères. Nous avons l'impression que ces auteurs puisent des renseigne-

ments chez l'un et chez l'autre sans rien apporter de nouveau et de concis à la question. Ainsi, on retrouve plusieurs fois l'expression affirmative que 500 gr. de tourteau de Moutarde noire entraînent la mort par irritation intestinale. Ils utilisent des termes vagues tels que l'expression « passent pour être », ce qui témoigne de leur manque d'observation;

2° Cette impression d'imprécision est accrue par le fait que certains auteurs mentionnent l'existence de glucosides variés; d'autres, la quasi-majorité, utilisent l'expression « essence de moutarde », l'attribuant à toutes les espèces de Crucifères, sans donner au lecteur une information précise sur cette « essence de moutarde »;

3° D'après quelques auteurs, « l'extrême âcreté » du tourteau de Moutarde blanche le rendrait impropre aux usages alimentaires. Le problème se ramènerait donc à une question de saveur, de goût et non de toxicité;

4° Le livre de Bussard et Brioux contient une contradiction regrettable que nous avons signalée ci-dessus;

5° Enfin, il est une affirmation qui montre le peu de renseignements véritables obtenus par leur auteur, à savoir que l'huile extraite de la graine de Moutarde blanche n'est pas comestible, alors que depuis 1940 cette huile est livrée au Ravitaillement

Général, lequel, sans lui faire subir de préparation spéciale, la distribue aux commerçants. Nous avons nous-mêmes consommé cette huile fréquemment. Elle possède le goût fruité de toutes les huiles jaunes indigènes et nous n'en percevons aucun autre.

Comment pouvons-nous, étant donnée cette diversité d'information, nous former une opinion ?

C'est pourquoi nous avons consulté les travaux, d'ailleurs plus récents, des chimistes.

IV. ETUDE CHIMIQUE

1° Etude proprement dite.

Une des analyses les plus anciennes que nous ayons trouvée est celle de Goris [23] en 1914.

Les glucosides sont des dérivés des hydrates de carbone; leur hydratation par des ferments naturels libère un ou plusieurs sucres et d'autres composés appartenant aux fonctions chimiques les plus diverses... l'acide myronique est un glucoside à la fois azoté et sulfuré qui existe sous forme de sels de potassium dans les Crucifères. Ce myronate de potasse est soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'éther. Il se dédouble sous l'action de la myrosine. Ce dédoublement se produit dans les cellules spéciales.

Goris [24] différencie déjà :

— Le myronate de potasse « glucoside donnant par dédoublement des produits connus, ne possédant pas de noyaux aromatiques »
de la

— Sinalbine « glucoside donnant par dédoublement des produits connus à noyaux aromatiques.

Bussard et Brioux [25] ont également étudié cette question et pour eux l'essence des tourteaux de Crucifères est due :

A l'action d'un ferment soluble de nature albuminoïde que Bussy nomma myrosine, sur un glucoside salin, le myronate de potasse.

Ces deux corps sont localisés dans des cellules spéciales de sorte qu'ils ne peuvent réagir l'un sur l'autre dans la semence entière; mais lorsqu'elle est broyée avec de l'eau, le glucoside et le ferment soluble se dissolvent et entrent en réaction.

Le myronate de potasse se dédouble en s'hydratant et donne de l'essence de moutarde ou isosulfocyanate d'allyle... Il se forme en même temps d'autres composés sulfurés volatils tels que le sulfure et le cyanure d'allyle.

Polonovski [26] mentionne, en 1934, le sinigroside essence de Moutarde blanche. Il en donne les formules développées.

Mais ce sont Lebeau et Courtois qui nous fournissent les travaux les plus récents sur la question, en 1938.

a) Le Sinigroside et l'essence de Moutarde noire.

Le sinigroside ou sinigrine fut découvert en 1840 par Bussy dans la semence de Moutarde noire. Il le dénomma myronate de potasse. Mais déjà Boerhave, en 1730 ,avait attribué à l'huile essentielle les propriétés révulsives de la moutarde. Ce n'est que plus tard que ce corps fut appelé sinigrine par Will et Korner.

C'est un hétéroside de sénevol ou ester de l'acide isosulfocyanique, dédoublable par la myrosine, ferment contenu par la même graine.

Il en existe 11 à 12 grammes par kilo.

Elle cristallise en fines aiguilles et en petits prismes. Elle a une saveur amère et brûlante; son point de fusion est à 126°-127°. Elle est soluble dans l'eau; insoluble dans l'éther et le chloroforme.

Sa formule brute :

$C^{10}\ H^{16}\ K\ N\ S^2\ O^9,\ H^2O$

de poids moléculaire = 415,376

correspond à la formule développée suivante :

$$C^3\ H^5 - N = C \begin{cases} O\ S\ O^3\ K \\ S - C^6\ H^{11}\ O^5 \end{cases}$$

Elle s'hydrolyse à froid sous l'influence de la myrosine pour donner naissance à du glucose, du sulfate acide de potasse et de l'isosulfocyanate d'allyle, anciennement appelé allyl-sulfocarbimide qui est « l'essence de Moutarde noire » suivant la réaction :

$C^{10}\ H^{16}\ K\ N\ S^2\ O^9 + O\ H^2 \rightarrow C^6\ H^{12}\ O^6 + S\ O^4\ K\ H + C^3\ H^5 - N\ C\ S$

C'est le principe actif de la farine de moutarde et des sinapismes qui, à la faveur de la myrosine, acquiert des propriétés révulsives marquées.

L'isosulfocyanate d'allyle [28] est l'ester allylique

de l'acide isosulfocyanique. C'est « l'essence de Moutarde noire ».

On le prépare à partir du myronate de potasse.

C'est un liquide huileux, incolore, d'odeur irritante et de saveur piquante, dont les vapeurs provoquent des larmoiements; appliqué sur la peau il détermine une révulsion accentuée pouvant engendrer la vésication.

Son point d'ébullition est à 150°. Il est peu soluble dans l'eau, mais soluble dans l'éther et l'alcool. L'eau bouillante le dissout peu mais l'altère à la longue en donnant du gaz carbonique, du sulfure de carbone et de l'allylamine. Il se colore en jaune à l'air et se change en acide sulfocyanique libre: c'est pourquoi on doit le conserver en flacon coloré, bouché et mis à l'obscurité.

On l'utilise comme antiseptique, comme révulsif puissant et même comme vésicant.

b) Le Sinalboside, l'essence de Moutarde blanche et la Sinapine.

Le sinalboside [29] ou sinalbine est l'hétéroside que l'on extrait de la Moutarde blanche. Il s'y trouve, selon Al. Leulier [30] dans la proportion de 2 %.

Il cristallise en fines aiguilles jaunâtres, solubles dans l'eau et dans l'alcool à 85° bouillant, insolubles

dans l'éther et le sulfure de carbone. Son point de fusion se fixe entre 83 et 84°.

Avec les alcalis, il donne une réaction jaune intense, avec l'acide nitrique, une coloration rouge.

Sa formule brute est la suivante :

$$C^{30}\ H^{42}\ N^{2}\ S^{2}\ O^{15},\ 5\ H^{2}O$$

de poids moléculaire = 704,56

correspondant à :

$$C^{6}\ H^{4} < \begin{matrix} O\ H \\ C\ H^{2} - N = C < \end{matrix} \begin{matrix} O - S\ O^{2}\ O - C^{16}\ H^{24}\ O^{8}\ N \\ S - C^{6}\ H^{11}\ O^{5} \end{matrix}$$

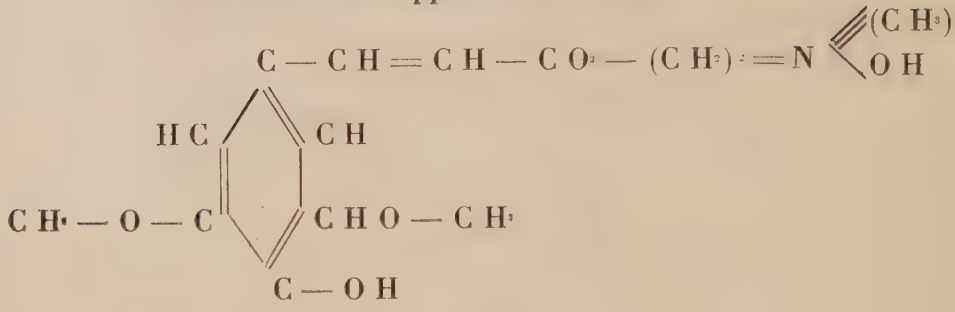
Il s'hydrolyse, comme la sinigrine, pour donner du glucose, du sulfate de sinapine et de l'essence de Moutarde blanche ou isosulfocyanate de paraoxybenzyle encore appelé oxybenzyle-sulfocarbimide, suivant la réaction :

$$C^{30}\ H^{42}\ N^{2}\ S^{2}\ O^{15} + O\ H^{2} \rightarrow \underset{\text{glucose}}{C^{6}\ H^{12}\ O^{6}} + \underset{\text{sulfate de sinapine}}{C^{16}\ H^{24}\ N\ O^{5}\ S\ O^{4}\ H^{2}}$$

$$+ \underset{\text{isosulfocyanate de paraoxybenzyle}}{C^{7}\ H^{7}\ O - N\ C\ S}$$

Cet hétéroside a des propriétés laxatives et antiscorbutiques. La sinapine [31] à l'état libre n'est pas connue à l'état de pureté. On peut l'isoler soit à partir de la Moutarde noire à l'état de sulfocyanate que l'on transforme en sulfate, soit au cours du dédoublement de la sinalbine. C'est l'ester sinapique de la choline.

Sa formule développée est la suivante :



2° Considérations théoriques sur la toxicité comparée du Sinalboside et du Sinigroside.

A l'aide des lois de la pharmacodynamie, nous allons examiner ces corps pour connaître l'activité des radicaux et des fonctions qui les composent et, partant, essayer de comparer ces activités.

Nous étudierons, en premier lieu, les sulfocyanates et, en second lieu, les sulfates qui proviennent de la réaction d'hydratation des hétérosides de la Moutarde noire et de la Moutarde blanche.

A. *Etude des Sulfocyanates.*

a) Radical Sulfocyanate.

Cse sels, les sulfocyanates d'allyle et de paraoxybenzyle, comportent tous deux le radical :

$$— N = C = S.$$

Kohn-Abrest mentionne leur présence dans la salive normale et dans les urines sous l'influence du régime alimentaire (Moutarde-Crucifères). Ce sont, dit-il [32], des composés non toxiques. Dans l'acide cyanhydrique, si toxique, le carbone a trois valences libres tandis qu'ici, associé au soufre, il n'en a plus que deux; ce qui enlève une grande partie sinon toute la toxicité initiale.

b) L'Alcool Allylique.

L'alcool allylique est un alcool primaire de la série acyclique.

Il comporte trois atomes de carbone, ce qui le rend très soluble par conséquent très diffusible, et une double liaison. Or nous savons que les corps non saturés sont biologiquement actifs et beaucoup plus toxiques que les composés saturés correspondants. Le groupement O H alcoolique qui généralement

abaisse l'activité physiologique, est éliminé car il entre en combinaison avec l'ion H de l'acide sulfocyanique.

Ce corps est, d'ailleurs, un exemple souvent cité pour illustrer la toxicité due à la non saturation des chaînes [33].

c) L'Alcool Paraoxybenzylique.

Est un alcool primaire de la série cyclique ou aromatique.

Le noyau benzenique est un noyau toxique [34]. Sa toxicité est plus marquée que celle des corps à chaîne ouverte. De plus il comporte le radical O H phénolique qui élève la toxicité.

Ainsi considéré, ce corps serait toxique ou tout au moins il aurait une activité physiologique marquée. Cependant, on doit constater qu'il entre dans la composition de nombreux corps de la chimie organique qui sont journellement absorbés par l'organisme — par exemple, les vitamines.

Si nous comparons l'étude des deux alcools, nous constatons que l'un et l'autre sont toxiques mais à des titres différents : le premier par sa double liaison, le second par son noyau benzénique et son O H phénolique.

Les auteurs incriminent davantage la double liaison que les autres caractères, ce qui nous amène à conclure que l'alcool paraoxybenzylique est tout au plus doué de propriétés physiologiques certaines tandis que l'alcool allylique est doué de propriétés toxiques.

Cette conclusion s'étend naturellement aux sulfocyanates.

B. *Etude des Sulfates.*

a) Le sulfate acide de potasse.

Le sulfate acide de potasse est un corps irritant à cause de l'ion potassium mais l'oxydrile O H atténue l'activité physiologique. D'ailleurs l'ion K comme l'ion Na fait partie intégrante de l'organisme humain [35]. Sa présence n'a donc guère de signification spéciale. Il agit soit par forte quantité de sels de potassium trouvée dans le contenu stomacal, soit par forte quantité de base libre absorbée par l'organisme, ce qui n'est pas le cas ici.

Fonzes-Diacon [36] ajoute que les seuls sels de potassium toxiques sont les cyanures, les sulfures et les oxalates à cause des acides cyanhydrique, sulfhydrique et oxalique qu'ils dégagent dans l'estomac, les

autres — non toxiques — n'agissent qu'à dose élevée comme poison musculaire.

b) Le Sulfate de Sinapine.

Le sulfate de sinapine dont nous avons déjà parlé et vu la formule développée, se décompose en acide sinapique et en choline.

L'acide sinapique est un composé benzénique. Le noyau porte une chaîne latérale qui comprend une double liaison, par conséquent une chaîne toxique. Mais il porte également deux radicaux méthoxyliques. Ces radicaux sont des détoxiquants importants. Certes il y a la présence d'un O H phénolique. Néanmoins, il paraît vraisemblable de penser que l'action détoxicante des groupement méthoxyliques l'emporte sur l'action toxique de l'O H oxydrile.

La Choline est un alcool primaire comportant un azote pentavalent et un groupement oxydrile. Ce groupement abaisse beaucoup la toxicité des chaînes aliphatiques. De plus, on tend actuellement à considérer la choline comme une vitamine.

Ainsi le sulfate de sinapine serait toxique à cause de la double liaison de l'acide sinapique et le sulfate acide de potasse irritant à cause de l'ion potassium.

C. *Conclusion.*

Que conclure ?

Le sinigroside donne un corps essentiellement toxique : l'isosulfocyanate d'allyle et un corps irritant : le sulfate acide de potasse.

Le sinalboside donne un corps à activité physiologique certaine : l'isosulfocyanate de paraoxybenzyle et un coups à double liaison : la sinapine. Mais cette double liaison a un effet atténué que n'a pas l'alcool allylique, par les groupements méthoxyliques.

Ainsi l'étude théorique nous conduit à considérer le sinigroside comme plus dangereux que le sinalboside. Mais nous sommes dans l'impossibilité de savoir leur toxicité relative. De plus, ces notions de pharmacodynamie sont très générales et aussi très incomplètes. On ne connaît pas l'interaction des groupements et des radicaux, on ne connaît que leur valeur absolue. Aussi faut-il se garder de conclure hâtivement, car s'il est aussi « utile que séduisant de pouvoir préciser pour chaque fonction ou chaîne, la part bien définie qui lui revient dans l'activité pharmacodynamique de la molécule », il n'est pas moins vrai que « une telle étude s'est avérée, dans l'ensemble, décevante et que l'on ne connaît pas actuelle-

ment de lois rigoureuses permettant de prévoir à coup sûr les vertus physiologiques — ou toxiques — d'un composé nouveau ». Laroux [37].

3° Conclusion.

Néanmoins, cette étude chimique et pharmacodynamique nous a permis de différencier les corps dits « essence de moutarde » et de pénétrer un peu leurs caractères chimiques.

Cette double étude nous permet, dans l'ensemble, de penser que le sinalboside est moins actif que le sinigroside.

Mais il est un autre problème intéressant à résoudre : existe-t-il du sinigroside dans la Moutarde blanche ?

Cette question est résolue depuis que les chimistes ont différencié les glucosides de chacune des moutardes, chaque moutarde produisant un glucoside spécifique et non plusieurs.

Mais M^me^ L. Randoin a bien voulu nous apporter ici encore son aide précieuse et nous a livré le résultat de l'analyse de notre échantillon concernant ce point particulier :

Ne possédant pas de méthode de dosage du sinalboside, nous avons employé la technique classique d'estimation du sinigroside qui évalue la quantité d'allylsénévol formée au cours de l'hydrolyse de ce glucoside. Cette opération ne peut nous renseigner sur la teneur du sinalboside, qui, par hydrolyse, donne du sénévol peu volatil; mais elle nous permet de conclure que votre tourteau ne contient que des traces de sinigroside, conclusion confirmée d'ailleurs par un examen microscopique qui n'a pas révélé la présence d'éléments morphologiques caractéristiques de la Moutarde noire.

Donc il n'existe que des traces de sinigrosides dans le tourteau de Moutarde blanche, sans doute dues à la présence d'éléments impurs tels : des graines de Moutarde noire ou de Moutarde des champs.

Cette affirmation et la conclusion de notre étude chimique et théorique vont d'ailleurs être démontrées par les observations pratiques que nous avons recueillies.

V. OBSERVATIONS PRATIQUES

Nous avons nous-même désiré apprécier les propriétés physiques du tourteau de Moutarde blanche.

Pour cela, nous en avons goûté à plusieurs reprises afin de surprendre le goût de « moutarde »: aussi bien du tourteau chaud sortant de la presse, que du tourteau refroidi. Il est exact que sa saveur est légèrement âcre, mais elle n'est aucunement piquante. Elle est fort bien supportée par le palais. Nul doute que le palais des bovins, sûrement plus rustique, puisse la supporter également.

Sec, il n'a aucune odeur piquante.

Nous avons pratiqué l'expérience de Sjöllema et Jörgensen en introduisant 5 gr. de tourteau en poudre dans 50 cc. d'eau tiède. Nous avons bouché le récipient, agité de temps en temps, et senti l'odeur une demi-heure, six heures et même 24 heures après. Chaque fois nous avons observé une odeur faible, nullement piquante, tenant plus à la nature même du tourteau qu'à l'essence de moutarde qu'il renfermait. Nos yeux n'en ont été nullement incommodés.

D'après MM. Bussard et Brioux [38], une odeur

faible permet de considérer le tourteau comme inoffensif. Ce qui d'ailleurs va être prouvé par nos observations pratiques au nombre de sept.

M. G..., à Villehardouin.

A donné, pendant deux mois de l'hiver 47-48, du tourteau de Moutarde blanche à ses vaches laitières au nombre de huit.

Le tourteau était broyé et réduit en petits morceaux de la grosseur d'une pomme environ, ou plus petits, voire en poudre. Il était distribué avec des betteraves hâchées.

La dose par tête était d'un kilo de tourteau — et non de mélange — deux fois par jour, matin et soir, tous les jours.

Les vaches ont présenté, les deux ou trois premiers jours, une légère inappétence, puis ont été friandes de ce nouvel aliment.

L'éleveur n'a jamais remarqué de diarrhée ni d'autres symptômes. La production du lait était accrue dans de notables proportions. La suppression de cet aliment entraînait aussitôt une diminution du rendement lacté. Le lait n'avait aucun goût. Les bêtes étaient continuellement en excellent état, contrairement aux animaux des propriétaires voisins qui ne recevaient pas la même alimentation. Détail piquant (!) fourni par le propriétaire, la manipulation de ce tourteau n'a jamais fait éternuer l'homme qui en était chargé.

M. M..., à Villehardouin.

A distribué également du tourteau de Moutarde blanche à ses vaches laitières au nombre de sept pendant quatre mois sans interruption.

Le tourteau était cassé et mis dans l'eau froide où il se délitait. Une pâtée était ainsi obtenue.

Cette pâtée était versée dans la mangeoire une fois par jour, le matin, à la dose de deux kilos par tête.

Les animaux manifestèrent une certaine répugnance les premiers jours, puis se sont montrés très friands. Le lait était produit à un taux élevé et il n'avait aucun goût. Les vaches demeuraient en excellent état. Aucun accident ne fut remarqué.

Des porcs à l'engrais, pesant environ 60 kg., recevaient, eux aussi, un peu de cette pâtée, à la dose de 1 kg. 500 par tête, sans montrer de troubles.

La préparation de cette pâtée n'a jamais piqué les yeux de la personne qui assurait ce service.

M. B..., à Ramerupt.

A alimenté, pendant plusieurs hivers : 46-47, 47-48, son troupeau de vaches, une quinzaine, y compris des génisses, avec du tourteau de Moutarde blanche.

Celui-ci était jeté la veille au soir dans de l'eau bouillante et le feu cessait alors d'être alimenté. Le lendemain, on retirait une pâtée qui était mêlée à de la balle et distribuée aux animaux.

La dose quotidienne s'élevait à 2 kg. — de tourteau — par tête. Quand la nourriture était vraiment rare, les bêtes recevaient un deuxième repas ainsi préparé.

Le lait n'avait ni odeur, ni saveur spéciale: le fromage non plus. Il n'a jamais été relevé de troubles.

Les porcs à l'engrais recevaient la même préparation à raison de deux litres par jour et par tête. Il n'y eut pas de troubles.

Notons que la préparation dégageait à peine une odeur

de moutarde, mais qu'en aucun cas la personne qui s'en occupait n'en était incommodée.

Notons également que les voisins de ce cultivateur s'étonnaient de le voir posséder des bêtes en si bon état, alor que partout l'on manquait de nourriture et que les animaux étaient à portion congrue.

M. G..., à Blignicourt.

Opère de même et distribué environ deux kilos de pâtée par tête à un troupeau de 25 vaches pendant plusieurs hivers consécutifs.

Il n'a jamais observé de troubles. Le rendement en lait était amélioré. Les vaches en excellent état.

M. C..., à Montiéramey.

Essaya ce tourteau sur un lot d'une dizaine de porcs à l'engrais pesant environ 40 kg.

Le tourteau était distribué à l'état de pâte obtenue par délitement dans de l'eau froide.

La dose distribué était environ le 1/3 des provendes.

Au bout de quelques jours, l'éleveur remarqua une perte de l'appétence et une diminution de poids par rapport à un lot voisin qui ne recevait pas de tourteau. La mort d'un porc arrêta l'expérience.

Mais notons que M. C..., Directeur d'une laiterie, succursale des Etablissements Graff, encourage les cultivateurs de la région à alimenter les vaches laitières avec ce tourteau plongé dans l'eau bouillante, afin d'accroître la production lactée.

Il n'est donc nullement prévenu contre l'usage alimentaire de ce tourteau.

M. Ph..., Avant les Ramerupt.

Distribua à une jument et à un bœuf du tourteau de Moutarde blanche cru, en morceaux. Ces deux animaux s'en montrèrent très friands. La dose quotidienne était le plus souvent de 2 kg. distribués en un repas le matin. Parfoi les animaux en recevaient jusqu'à 6 kg. par jour.

Cette expérience fut poursuivie pendant deux mois et suspendue par manque de matières premières.

Aucun trouble ne fut remarqué.

Ce cultivateur poursuivit ses essais en faisant ingérer à un troupeau de douze vaches jerseyaises, y compris des génisses de la mouture d'Orugle — Moutarde blanche redevenue sauvage. La dose quotidienne était environ : 3 kg. par tête. Elle fut distribuée pendant quinze jours.

Aucune inappétence ne fut remarquée, aucun accident signalé.

Une ration constituée par 1/2 d'orge et de mouture, fut également distribuée aux porcs pendant quinze jours sans observer d'accidents.

M. K..., Piney.

Nous-mêmes avons procédé à une expérience.

Nous avons distribué à deux lapins domestiques des débris de tourteau de Moutarde blanche. Ils s'en montrèrent très friands. Ils recevaient également de la verdure. Cette expérience dura huit jours. Aucun trouble ne fut observé. Notons que le premier jour nous avons donné du tourteau de Caméline qui, aux dires de certaines personnes, est très apprécié par le lapin — ce qui est exact — pour les accoutumer au tourteau.

VI. APPRECIATIONS

Ainsi, du tourteau de Moutarde blanche a été donné à des bovins et parfois à des porcins, comme tout autre tourteau.

Nous notons que :

1° Les résultats ont été identiques à ceux obtenus par l'ingestion de ces autres tourteaux :

— Accroissement de la production lactée;

— Entretien excellent des bêtes;

— Diminution de leur durée d'engraissement;

2° La légère inappétence enregistrée au début de cette alimentation ne peut être imputée à la nature de ce tourteau car elle est également notée lorsque l'on utilise d'autres tourteaux. C'est, en somme, la phase d'adaptation du bétail à tout nouvel aliment;

3° De plus, les animaux ont montré à l'égard de ce tourteau une vive appétence, comme pour les autres tourteaux, ce qui démontre qu'il est bien supporté par le palais de ces animaux, contrairement aux opinions citées;

4° Aucun trouble, aucun accident ne fut remar-

qué : ni diarrhée, ni congestion pulmonaire, ni boiterie.

Quant à la mort du porc du lot de M. C..., à Montiéramey, l'éleveur lui-même pense qu'elle ne peut être imputée à la variété du tourteau. En effet, les porcs marquent une égale répugnance à l'égard de tous les tourteaux, même ceux d'arachide et de lin et supportent mal une nourriture trop concentrée. La nature de leur estomac n'est pas comparable à celle des bovins. La muqueuse stomacale de ces derniers est d'une épaisseur telle que des clous peuvent s'y fixer sans causer de dommage. Il n'en est pas de même pour l'estomac du porc qui possède une muqueuse très fine. Aussi pensons-nous qu'un aliment concentré quel qu'il soit, détermine une irritation de cette muqueuse, irritation qui ne cesserait qu'avec l'arrêt de cette nourriture.

Nous avons vu que d'autres éleveurs donnaient de la pâtée de tourteau de Moutarde blanche à leurs porcs sans enregistrer d'accidents. La dose était beaucoup plus faible. Nous ne faisons allusion ici qu'à l'aliment concentré et non à sa nature;

5° Le mode de préparation du tourteau de Moutarde blanche est d'une grande importance. Nous voyons qu'il a été distribué indifféremment cuit ou cru.

Le premier mode ouvre le problème de la destruc-

tion de la myrosine, agent de l'hydrolyse des hétérosides.

Certains auteurs pensent qu'il est intéressant de détruire ce ferment afin de rendre le tourteau utilisable. Pour cela, ils recommandent de l'ébouillanter.

La myrosine est, comme toutes les diastases, détruite par coagulation à la température de 70°.

Pouvons-nous penser que l'opération qui consiste à jeter du tourteau dans l'eau bouillante soit suffisante pour détruire la myrosine ? Nous ne le croyons pas. Car si la surface du morceau peut atteindre la température de 100°, le cœur de ce morceau ne l'atteint pas; de plus le refroidissement que subit l'eau bouillante — puisque le feu cesse d'être alimenté lorsque l'on y jette le tourteau — est tel que le centre du morceau n'atteint pas non plus la température de 70°.

Notons l'expérience de Bussard et Brioux [39] à ce sujet. Des graines de Colza portées dans une étuve à 100°, pendant une heure, ont fourni autant « d'essenre » qu'un second lot de graines non chauffées. Ces auteurs concluent que la chaleur sèche agit peu sur la myrosine.

Nous pensons que ce mode de préparation est utilisé à seule fin de donner au tourteau une forme plus acceptable. Le tourteau est un pain extrêmement dur, sans nul doute difficilement broyable par

les machoires des bovins, aussi les éleveurs, soucieux de donner un aliment alibile, appété et facilement ingérable, lui donnent-ils la forme de pâtée obtenue aisément par délitement dans l'eau chaude. Cette façon de procéder est utilisée également pour tous les autres tourteaux.

Quant au deuxième mode, certaines de nos observations nous apportent un élément de première valeur en ce qui concerne la non toxicité ou la faible toxicité de ce tourteau. En effet des bêtes reçoivent pendant plusieurs mois une ration journalière de tourteau cru.

La réaction d'hydrolyse s'effectue sûrement et il y a dégagement d'isosulfocyanate de paraoxybenzyle et de sulfate de sinapine.

Les animaux ne manifestant aucun symptôme d'intoxication, nous pouvons penser que ces deux corps sont peu toxiques — d'autant plus que la dose est journalière et répétée.

Y aurait-il un phénomène d'accoutumance, de mithridatisme ? Rien ne permet de le supposer.

Enfin, dernier argument, que l'on pourrait nous opposer : La Moutarde blanche dont nous étudions le tourteau étant cultivée sur un sol pauvre — celui de la Champagne — serait susceptible d'élaborer du sinalboside en quantité moindre. Nous ne le pensons pas.

CONCLUSION

Les observations pratiques rejoignent donc l'étude chimique et pharmacodynamique du tourteau de Moutarde blanche.

Le fait que du tourteau de Moutarde blanche distribué cru ne détermine pas d'accidents à la dose quotidienne de 2 kg. vérifie les résultats que nous ont livrés les études théoriques : à savoir que les corps libérés par l'hydrolyse du sinalboside sont faiblement toxiques.

Certes, nous n'apportons pas de preuves péremptoires.

Nous regrettons de ne pas avoir eu les moyens de renouveler les expériences de Moussu [39] qui démontra qu'une dose de 5 gr. d'isosulfocyanate d'allyle suffit pour empoisonner en moins de 12 heures un bœuf de 400 kg. Mais nous pensons que les observations pratiques que nous avons relevées, suffisent pour démontrer que, contrairement aux opinions classiques, le tourteau de Moutarde blanche n'est pas un tourteau toxique et qu'il peut être dis-

tribué, sans préparation spéciale, aux animaux, au même titre que les autres.

Aussi croyons-nous que la Moutarde blanche, *Sinapis alba*, est une moutarde spéciale n'ayant pas les propriétés toxiques de ses semblables et qu'elle ne peut être confondue avec la Moutarde noire qui doit supporter, avec la Moutarde sauvage, le poids des accidents généralement imputés aux Crucifères.

Nous espérons que cette étude qui n'est pas sans défauts et qui n'a aucune prétention, apportera un peu de lumière à ce problème encore si complexe de la toxicité des tourteaux de Crucifères.

Vu : *Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire, rapporteur,*
P. PONS.

Vu : *Le Président de la thèse,*
VALDIGUIÉ.

Vu : *Le Doyen,*
LEFEBVRE.

Vu et permis d'imprimer :
Toulouse, le 25 Mai 1949.
Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
DOTTIN.

TABLE DES RÉFÉRENCES
et
BIBLIOGRAPHIE

[1] Rodet et Baillet. — Botanique agricole et médicale, 2e éd., Paris, 1872, p. 60.

[2] Bonnier. — Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique, t. I, Paris, Bruxelles, Neufchatel, p. 60.

[3] Rodet et Baillet. — Botanique agricole et médicale, 2e éd., Paris, 1872, p. 57.

[4] Guignard. — Sur la localisation des principes actifs des Crucifères, *Journal de Botanique*, IV, Paris, 1890, p. 385.

[5] Guignard. — Sur la localisation des principes actifs des Crucifères, *Journal de Botanique*, IV, Paris, 1890, p. 387.

[6] Guignard. — Sur la localisation des principes actifs des Crucifères, *Journal de Botanique*, IV, Paris, 1890, p. 443.

[7] Guignard. — Sur la localisation des principes actifs des Crucifères, *Journal de Botanique*, IV, Paris, 1890, p. 451.

[8] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées par l'agriculture comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, pp. 1, 2, 3.

[9] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées par l'agriculture comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 62.

[10] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées par l'agriculture comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 63.

[11] Cornevin. — Des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent, Paris, 1887, p. 242.

[12] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 152.

[13] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 155.

[14] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 158.

[15] Collin et Perrot. — Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences utilisées comme aliments et comme engrais, Paris, 1903, p. 161.

[16] Dechambre. — Les aliments du bétail, Paris, 1906, p. 413.

[17] Marchadier et Goujon. — Notions pratiques de toxicologie végétale indigène, Paris, 1924, pp. 141, 142.

[18] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 161.

[19] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 159.

[20] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 156.

[21] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 166.

[22] Lander. — Veterinary toxicology, London, 1926, p. 196.

[23] Goris. — Localisation et róle des alcaloïdes et glucosides chez les végétaux, 2e éd., Paris, 1914, pp. 9 et 337.

[24] Goris. — Localisation et róle des alcaloïdes et glucosides chez les végétaux, 2e éd., Paris, 1914, p. 251.

[25] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 164.

[26] Polonovski et Lespagnol. — Eléments de chimie organique biologique, Paris, 1934, pp. 149, 150.

[27] Lebeau et Courtois. — Traité de pharmacie chimique, Paris, 1938, p. 1.744.

[28] Lebeau et Courtois. — Traité de pharmacie chimique, Paris, 1938, p. 684.

[29] Lebeau et Courtois. — Traité de pharmacie chimique, Paris, 1938, p. 1.745.

[30] Leulier. — Les glucosides, Lyon, 1941, p. 86.

[31] Lebeau et Courtois. — Traité de pharmacie chimique, Paris, 1938, p. 424.

[32] Kohn-Abrest. — Précis de toxicologie, Paris, 1934, p. 61.

[33] Zunz. — Eléments de pharmacodynamie générale, Paris, 1930, p. 380.

[34] Hugouneng et Florence. — Principes de pharmacodynamie, Paris, 1928, p. 48.

[35] Kohn-Abrest. — Précis de toxicologie, Paris, 1924, p. 202.

[36] Fonzes-Diacon. — Toxicologie, 5e éd., Paris, 1930, p. 195.

[37] Laroux. — Constitutions chimiques et activité des molécules thérapeutiques, Paris, 1948, p. 45.

[38] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 273.

[39] Bussard et Brioux. — Tourteaux, Paris, Liège, 1925, p. 171.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

I LA PLANTE

1° Ses caractères botaniques. 9

2° Caractères botaniques des crucifères voisines. 12

3° Une propriété particulière des crucifères : la présence d'hétérosides. Leurs localisations. 15

4° Son utilisation. 18

II LE TOURTEAU

1° Historique. 21

2° Fabrication. 24

3° Aspect physique et caractères diférentiels des tourteaux de crucifères. 27

4° Composition chimique. 32

5° Utilisation. 35

a) Des tourteaux en général. 35

b) Des tourteaux de crucifères et de Moutarde. 39

III LA TOXICITÉ DU TOURTEAU DE MOUTARDE BLANCHE

1° Relation de quelques troubles..... 42

2° Conclusion..... 48

IV ÉTUDE CHIMIQUE DU TOURTEAU DE MOUTARDE BLANCHE

1° Etude proprement dite..... 51

2° Considérations théoriques sur la toxicité comparée du Sinalboside et du Sinigroside..... 56

3° Conclusion..... 62

V OBSERVATIONS PRATIQUES 64

VI APPRÉCIATIONS 69

CONCLUSION..... 73

TABLE DES RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE..... 75

Imp. du Sud-Ouest, 6, rue Sainte-Ursule — Toulouse.